

# 基礎梁のハーフプレキャスト化と一体性評価に関する研究

著者	佐々木 健一
号	3054
発行年	2002
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/8326">http://hdl.handle.net/10097/8326</a>

氏	名	ささき けんいち 佐々木 建 一
授 与 学 位		博士（工学）
学 位 授 与 年 月 日		平成 15 年 3 月 24 日
学位授与の根拠法規		学位規則第 4 条第 1 項
研究科，専攻の名称		東北大学大学院工学研究科（博士課程）都市・建築学専攻
学 位 論 文 題 目		基礎梁のハーフプレキャスト化と一体性評価に関する研究
指 導 教 官		東北大学教授 杉村 義広
論 文 審 査 委 員	主査	東北大学教授 杉村 義広    東北大学教授 井上 範夫 東北大学教授 山口 育雄

## 論 文 内 容 要 旨

近年、プレキャスト複合コンクリート構法（ハーフプレキャスト構法ともいわれている。以降ハーフ PCa 構法とよぶ）が注目され、1999 年度日本建築学会大会（中国）における材料施工部門のパネルディスカッションでも取り上げられているほか、JASS5 にハーフ PCa 構法についての内容が追加された。ハーフ PCa 構法は、従来の現場打ちコンクリート部材とプレキャストコンクリート部材の長所を取り入れたもので、工場生産における製品の高品質化と運搬における経費削減、さらに型枠工事における脱型作業を省略出来ることが特徴である。この構法は 1980 年代に型枠工事における生産性向上を目標に型枠をプレハブ化する研究開発が始まり、1980 年代後半に景気回復の急速化とともに現場作業員の不足と高齢化、熟練工の不足問題を改善する手法として普及し、現在では昨今の経済状況において少数作業員による高い生産性を有する構法として確立している。

建築生産の合理化という流れとは別に、地球環境問題の流れの中では二酸化炭素等の温室効果ガスによる地球温暖化問題が産業全体の問題として盛んに議論されている。建築生産においても例外ではなく施工時の環境負荷、すなわち材料資源としての熱帯雨林伐採・構造物の建築および解体における 2 次的な二酸化炭素発生などを低減する必要がある。建築施工現場で使用する型枠は膨大であり、従来からの構法で合板型枠を使用して生産活動を続けたならば、環境に負荷を与える素材を数多く採用し廃棄してしまうことになる。したがって、ハーフ PCa 構法は型枠の生産から除去にいたる過程で建築物のライフサイクル全体を通じたエネルギー削減を可能とする 1 つの構法と考えることが出来る。

このような背景のもと、建築工事の生産性に関する問題と環境問題を解決できる構法として広く普及しているハーフ PCa 構法であるが、複合構造ゆえに一体性を問う技術的課題が少なくない。一体性にはプレキャストコンクリート部分と現場打ちコンクリート部分（以後、PCa 部分、場所打ち部分とよぶ）の施工時における充填性の確保（施工的要因）と、コンクリート打ち継ぎ面での応力伝達機構（構造的要因）が明確ではないと指摘されている。

本研究では、ハーフ PCa 構法により建築物の基礎梁を実現することを最終目的としている。基礎部材は他の部材より地盤条件等の要因により施工が難しく施工期間と品質に影響がしやすい部分でもある。そのためハーフ PCa 構法の恩恵を受ける効果は非常に大きい。しかし、前述した一体性の課題が未解決であることが

構法の普及に対してかなりの障害になっているのも事実である。そこで、本論文では生産性と環境問題解決のメリットを併せ持つハーフ PCa 構法による基礎梁の施工方法を提案するとともに、あわせて一体性の検討方法についても提案を行い、実験的に一体性を検討するものである。

本論文は全編 6 章で構成されており、各章の内容は以下に示すとおりである。

## 1章 序論

1 章は序論である。本研究の背景と目的および論文構成を述べた。

## 2章 既往の研究と本論文の位置付け

2 章では基礎梁のハーフ PCa 化と一体性の検討方針を確立した。基礎梁のハーフ PCa 化と施工手順および一体性の検討方法を把握する目的で文献調査を行った。あばら筋を内蔵する非木質系の PCa コンクリート版を型枠に使用し施工現場で組み立てる施工方法とし環境保護と施工性に優れたハーフ PCa 基礎梁を提案した。また、一体性の検討方法はハーフ PCa 梁部材を構成する左右 PCa 型枠と場所打ち部分の変形の「ばらつき」がハーフ PCa 梁部材の強度に影響を与え、場所打ち部材（以後、RC 部材とよぶ）との「類似性」に影響を及ぼすと考え「ばらつき性」と「類似性」関係を実験的に検討することで一体性を明確にすることとした。検討にあたり、コンクリート打ち継ぎ面の影響のみをターゲットにするため、全て同質材料とし打ち継ぎ面の応力伝達機構はせん断補強筋による効果だけの厳しい条件を設定することにした。

## 3章 基礎梁のハーフプレキャスト化に関する試行製作と予備試験

3 章では、2 章で提案した施工手順を確認する目的で実際に基礎梁を試行製作したほか、一体性の検討方法として「ばらつき係数」と「類似係数」を定義・提案し、予備試験を行って一体性の評価を試みた。なお、PCa 型枠は左右に使用する（以後 V シリーズとよぶ）のを本来の目的としているが、不利な使い方として PCa 型枠を上下に使用した H シリーズを製作し V シリーズと比較した。試行製作ではあばら筋の加工精度が非常に重要であることを認識した。「ばらつき係数」は各部分の計測値から（最大値－最小値）／（2×平均値）としたほか、「類似係数」は（V シリーズの計測値）／（RC シリーズの計測値）とそれぞれを定義した。予備試験では予想したとおり終局時に打ち継ぎ面で滑りを生じ一体とはいえない状況であるが、V シリーズは終局時の破壊状態が RC シリーズと同じ傾向であるほか、曲げひび割れ発生時、下端筋降伏時、終局時の各荷重が 95%以上の類似性を示し、さらに既往の強度計算式による計算値と実験値ともよく対応していることからハーフ PCa 梁部材と場所打ち部材には高い類似性が見られた。ばらつき係数でばらつきを評価した結果、計測値が大きい場合は的確にばらつきを評価できることを確認し、ばらつきが顕著になるのは下端筋が降伏した以降であることを明らかにした。

## 4章 正方形断面の基礎梁における一体性に関する実験的検討

4 章では 3 章での検討をより詳細に行うため計測項目（荷重、たわみ、総ひび割れ幅、曲率、歪み、カーボンセンサ）を増やしたほか、部材全断面積に対する PCa 部分の断面積（PCa 率）を変化させて一体性を評価した。本研究独自の検討方法として試験体に生じる曲げひび割れ幅を純曲げ区間で計測したほか、筆者が開発に携わってきたカーボンセンサを使用し電気抵抗値を計測し一体性の評価を試みた。カーボンセンサは

本来既成コンクリート杭の健全性モニタリングに使用する目的で開発したが、ひび割れの進行を捕らえることができると考え一併性評価に応用した。その結果以下の結論を得た。

- ① 「ばらつき係数」と「類似係数は」計測値が小さいと一併性を的確に評価できない。その場合一併性は計測値で評価し、計測値が大きくばらつきが顕著な時にばらつき係数と類似係数が有効である。
- ② V シリーズの荷重－たわみ関係は終局時まで類似性が非常に高く、破壊状況も酷似している。
- ③ 総ひび割れ幅、曲率は下端筋降伏まではばらつきが小さく類似係数は高い。それ以降はばらつきが顕著になり類似性も悪くなる。
- ④ カーボンセンサにより各部分同時にひび割れが進行していることを明らかにした。また、総ひび割れ幅の大小関係をカーボンセンサの抵抗値で推測できることを明らかにした。
- ⑤ 正方形断面では、下端筋が降伏した後にばらつきが顕著になるが、部材の強度には影響しない。
- ⑥ PCa 率が大きくなると蒸気養生によりコンクリート強度の高い部分が多いため、曲げ剛性が増大する。

## 5章 継目を持つ矩形ハーフプレキャスト梁の一体性に関する実験的研究

5章では現実の基礎梁を考慮し、試験体を梁幅に対して梁高の大きな断面（約1：3）としたほか、重量および輸送から生じるPCa型枠部分の継目を試験体に設けて曲げとせん断力をそれぞれ作用させて実験を行った。せん断試験では継目は全て試験体中央である。想定破壊形式をせん断破壊するせん断スパン比0.5と主筋が曲げ降伏した後せん断破壊するせん断スパン比1.0について実験を行った。曲げ試験では継目の位置は継目で曲げ降伏するよう曲げモーメントの最も大きい試験体中央と曲げ降伏しない位置にずらした端部とした。継目を中央に設けた試験体では一体性を向上させるため継目形状を数タイプ設定した。設定したタイプは単純に付き合わせるTタイプ、シアキーとしたSタイプ、シアキーにPCa型枠部分の最下に位置する組立補強筋を溶接したSYタイプ、組立補強筋を主筋に集約させたHタイプである。実験の結果、以下の結論を得た。

- ① せん断力に対しては継目の影響は無い。
- ② 曲げに対しては継目の影響が顕著に見られ、継目を中央に設けた場合は欠損断面の曲げ降伏強度に達するとたわみ形状がV字形状となる。
- ③ 継目を中央に設けても、欠損断面で組立補強筋が負担する応力を主筋が負担できるように主筋量を増加させるか、組立補強筋を溶接することで一体性を確保できる。
- ④ 本研究で製作したハーフPCa基礎梁のばらつきは場所打ち部材より大きい。ばらつきが顕著になるのはコンクリートが圧壊する3000 $\mu$ 付近である。しかし、ばらつきが大きくなっても部材の強度には影響しない。

## 6章 結論

6章は結論である。

以上を総括し、本論文では基礎梁のハーフPCa化とその一体性の検討手法を提案し、実験的に一体性を検討した。その結果、本研究で提案したハーフPCa基礎梁の一体性について明確にできたものと考えている。

# 論文審査結果の要旨

近年、建築生産性の向上と森林資源など地球環境保全を目的としてハーフプレキャスト（以後ハーフPCa）構法が注目され普及している。この構法は複合構造となるために一体性確保の技術的課題を残している。本論文は、建築物の基礎梁を対象としてハーフPCa構法により実現する施工法を提案するとともに、その一体性を実験的に検証することを試みたもので、全編6章よりなる。

1章は序論であり、研究の背景と目的および論文の構成について述べている。

2章では、既往の文献研究を通じてハーフPCa構法の問題点を整理するとともに、あらかじめ工場作製したPCa型枠を現場で組立てた後、コンクリート打ちを行うことでハーフPCa基礎梁を実現する施工法を提案している。また、一体性の検討に関してはPCa型枠と場所打ち部分の挙動を「ばらつき性」として、現場打ち一体部材に対するハーフPCa部材の挙動を「類似性」として評価する方針を確立している。

3章では、2章で提案した施工方法によって実際に最も簡単な正方形断面を持つ基礎梁を試行製作し、一体性確認のための予備実験（単純梁2点載荷の曲げ実験）を行っている。その際、2章の方針にしたがって「ばらつき係数」と「類似係数」を定義して検討し、それぞれが性能を表す適切な指標になりうることを確認している。とくに荷重に関する類似係数については曲げひび割れ発生時、下端筋降伏時、終局時とも95%以上の類似性を示し、さらに解析値ともよく対応することを確認している。

4章では、3章と同じ断面の基礎梁についてより詳細な実験を行っているが、とくに以下の2点に特徴を持たせている。一つは計測に関して、ひび割れ幅は個々についてよりも累加した総ひび割れ幅の方が意味があるとの考えによって純曲げ区間でのひび割れを漏れなく抽出していること、また、カーボンセンサを内臓させて電気抵抗値を計測していることであり、二つ目は型枠の幅を変え部材全断面積に対する比率（PCa率）による変化を検討していることである。その結果、総ひび割れ幅は曲率とともに下端筋降伏まではばらつきは小さく類似性も高く、また、それを超える領域ではカーボンセンサによる計測が有効で、両者とも一体性検討の重要な指標になりうること、ただし、終局付近ではばらつきが大きくなることを示している。一方、荷重-たわみ関係は終局時まで類似性が非常に高く、破壊状況も酷似していることから、ほかの指標のばらつきが顕著になりだしても部材強度への影響は小さく、全体的な一体性としては3章の結果がより明確な形で確認されている。PCa率の影響に関しては、PCa型枠が蒸気養生によって製作されたため、場所打ち部分よりもコンクリート強度がやや高めになった効果が曲げ剛性の増大を生んでいる傾向が確認されている。

5章では、現実的な断面の基礎梁を対象とし、輸送条件などから想定されるPCa型枠の継目が存在する場合を対象としてせん断実験と曲げ実験を行っている。せん断実験ではせん断スパン比0.5（直ちにせん断破壊）の場合も、せん断スパン比1.0（主筋の曲げ降伏後にせん断破壊）の場合も、継目は何ら影響を与えないことを確認している。曲げ実験では継目の影響が顕著に現れ、継目の断面欠損による曲げ耐力を超えると脆性的な破壊をすること、したがって適当な補強をするか、曲げモーメントの小さい端部に継目を移すことが一体性を確保する上で有効であることを実験的に確かめている。

以上要するに、本論文は基礎梁のハーフPCa化と施工法を提案し、実際に基礎梁を製作してその一体性を実験的に検証したもので、建築施工学並びに建築生産学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。